

Integration der fünf Großen „C“

Vorstufe zu einer Allgemeinen Informationswissenschaft?

WERNER KRIESEL

werner.kriesel@gmx.net

In besonderem Maße mussten in den 70er und 80er Jahren Bestandteile aus der Informatik (Computer) sowie Informationstechnik (Communication) innovativ in das Fachgebiet Automation (Control) für die spezifischen Belange der Industrie eingebunden werden.

Erforderlich waren neuartige wissenschaftlich-technische Systemkonzepte auf Mikrorechnerbasis und ein Strukturwandel zur Informationsverarbeitung bis hinein in die Funktionseinheiten (Components & Instruments) und deren mikroelektronische Schaltkreise (Circuits, Chips). Die Wandlungen waren mit einer starken Integration dieser fünf Großen „C“ verbunden.

Der Autor hat diesen Konzeptionswechsel seit Mitte der 70er Jahre forschungsseitig auf DDR-Ebene für die Automation mit vorbereitet und ist somit Zeitzeuge. Hierzu werden forschungsstrategische Seiten in ihrem historischen Ablauf in der DDR und ihr partielles Einmünden in industrielle Systeme nach der Wiedervereinigung gezeigt. In Verzahnung mit Informatik stellen sich Automatisierungsstrukturen weltweit heute zunehmend so dar, wie sie von uns bereits seit Ende der 70er Jahre forschungsseitig erarbeitet und weit vorausschauend prognostiziert sowie publiziert wurden.

Offen geblieben ist dagegen – neben vielen anderen Problemen – die Frage nach einer „Allgemeinen Informationswissenschaft“ (General Information Science). Eine solche müsste sich den allgemeinen Eigenschaften aller Informationsprozesse der Realwelt widmen. Dieses futuristische Gedankengut geht in die DDR-Zeit zurück, wurde aber nach der Wiedervereinigung nicht weiterverfolgt – die Inhaltsdiskussion sollte aufgegriffen werden!

1 Vorbemerkung

In den rund 40 Jahren seit der Markteinführung des ersten Mikroprozessor-Chips 4004 durch den USA-Chiphersteller Intel im Jahre 1971 ist ein bis heute spürbarer Schub dieser Grundsaterfindung auf die Entwicklung der informationellen Technologien eingetreten. Dieser Schub hat überwiegend zu einer starken „Integration“ der informationell orientierten Technologien geführt,

sowohl untereinander als auch mit den Anwendertechnologien – das Eindringen der Informatik in nahezu alle Lebensbereiche ist hierfür geradezu typisch. Trotzdem ist gleichzeitig eine „Ausdifferenzierung“ dieser informationellen Technologien erfolgt bei weiterem Wachstum der grundlegenden Linien entsprechend der 5 Großen „C“: Computer (Informatik), Control (Automatik), Communication (Nachrichtentechnik), Components & Instruments (Fein-Gerätetechnik), Circuits/Chips (Schaltkreistechnik), vgl. Abschnitt 5. Da die erste Hälfte dieser 40-jährigen Entwicklung in die DDR-Zeit fällt und dabei eine Reihe von Besonderheiten aufweist, ist es auch wissenschafts-historisch angezeigt, diesen Zeitraum und seinen Einfluss auf die Zeit nach der Wiedervereinigung speziell zu betrachten sowie durch Zeitzeugen für spätere Generationen zu sichern – in diesem Sinne ist der folgende Beitrag angelegt.

2 Nutzungsbeginn digitaler Prozessrechner im Rahmen von Systemlösungen der Automatisierungstechnik

Bis Anfang der 50er Jahre wurden Automatisierungseinrichtungen überwiegend für die jeweilige Anwendung *speziell maßgeschneidert*. Unter wirtschaftlichem Zwang entstanden in den 60er Jahren **universelle Systemlösungen**. Nach erfolglosen Abstimmungsversuchen zwischen den Ländern des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) entschloss man sich in der DDR zu einem Alleingang. So entstand unter der Bezeichnung „ursamat“ ein sehr systematischer, weitgehend vollständiger und mithin im RGW vorbildfreier Systemrahmen: „Universelles System von Geräten und Einrichtungen zur Gewinnung, Übertragung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen für die Automatisierung technologischer Prozesse“, an dem auch der Autor mitgearbeitet hat [1]. Dabei war insbesondere das Zusammenwirken dieser Funktionseinheiten innerhalb spezifischer Systeme sowie möglichst darüber hinaus abzusichern, indem *Schnittstellen (Interfaces)* zwischen den abgegrenzten Einheiten gezielt geschaffen und vereinheitlicht wurden: nationale und internationale Standardisierung von Signalen und konstruktiven Parametern.

Innerhalb solcher Automatisierungssysteme wurden seit etwa 1965 auch Messwerterfassungseinrichtungen mit Kopplung an Elektronische Datenverarbeitungs-Anlagen (EDVA) entwickelt, zunächst als „Datalogger“ bezeichnet. Der erste Großeinsatzfall in der DDR befand sich in der Zentralwarte des neu errichteten Erdölverarbeitungswerkes (EVW) Schwedt/Oder. Der Rechner hierzu wurde von der Fa. Eurocomp aus Westberlin importiert (Tochter von Hartmann & Braun, Frankfurt a. M.). Der Einsatzfall scheiterte aber komplett durch Erfahrungsmangel auf beiden Seiten. Der zweite Lösungsversuch mit einem Importrechner der Fa. Elliott Automation aus Großbritannien sowie einer völlig neu erstellten Prozessperipherie vom Institut für Regelungstechnik Berlin, die im Jahre 1969 unter Verantwortung des Autors entstand, war weit

über 10 Jahre erfolgreich im Produktionseinsatz des EVW. Für eine breitere Nutzung von Rechnern in der Automation waren aber spezielle Voraussetzungen zu erfüllen:

- Volle Echtzeitfähigkeit der Rechnerprogramme (Anwendungssoftware)
- Prozessperipherie zur Ankopplung der Mess- und Stelleinrichtungen
- Hohe Zuverlässigkeit der Gesamteinrichtung.

Damit gelangte man zu Prozessrechnersystemen [22], und derartige Ideen wurden gemäß dem internationalen Trend ab Ende der 60er Jahre auch in der DDR realisiert (Robotron: Prozessrechner PR 2100). Nachfolgend in den 70er Jahren entstanden die Robotron-Prozessrechner KRS 4200/4201, hierzu gehörte jeweils eine zentrale Prozessperipherie ursadat 4010 (Elektro-Apparate-Werke EAW, Berlin) [4].

Der Funktionsumfang derartiger Prozessrechnersysteme nach Abbildung 1a umfasste neben der Messwerterfassung auch die rechnergeführte Regelung von analogen Einzelreglern (Set Point Control SPC) bzw. sogar die direkte digitale Regelung (Direct Digital Control DDC) unter Verzicht auf zusätzliche analoge Regler. Beiden Techniken war jedoch kein Durchbruch bei den Einsatzstückzahlen beschieden, weder in der DDR noch international, weil offenbar das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand noch viel zu ungünstig war.

3 Dezentral verteilte Mikrorechner bewirken einen revolutionären Generationswechsel in der Automatisierungstechnik

Die zunehmende Digitalisierung und im Jahre 1971 schließlich die Markteinführung des Mikroprozessor-Chips durch die USA-Fa. Intel sowie die Fortschritte bei Speicherchips bewirkten ab Mitte der 70er Jahre eine völlig neuartige Generation von *Automatisierungssystemen mit dezentral verteilten Mikro-Prozessrechnern*: Total Distributed Control TDC 2000, USA-Firma Honeywell im Jahre 1975. Hiermit wurde eine neuartige Philosophie in der Automatisierungs-Leittechnik begründet, die im Unterschied zu bisherigen Strukturen durch eine vollständig dezentrale Anordnung von Mikro-Prozessrechnern zur Messwerterfassung, Regelung und Steuerung sowie deren Vernetzung durch bitserielle Prozessbusse gekennzeichnet ist (vgl. Abbildung 1b).

Gleichzeitig bedeutete dies eine Revolution der Wartentechnik durch Einsatz von Bildschirmen und Tastaturen bei Herauslösung von konventionellen Reglern und Steuerungen sowie Reduzierung von Anzeige-, Bedien- und Registriertechnik.

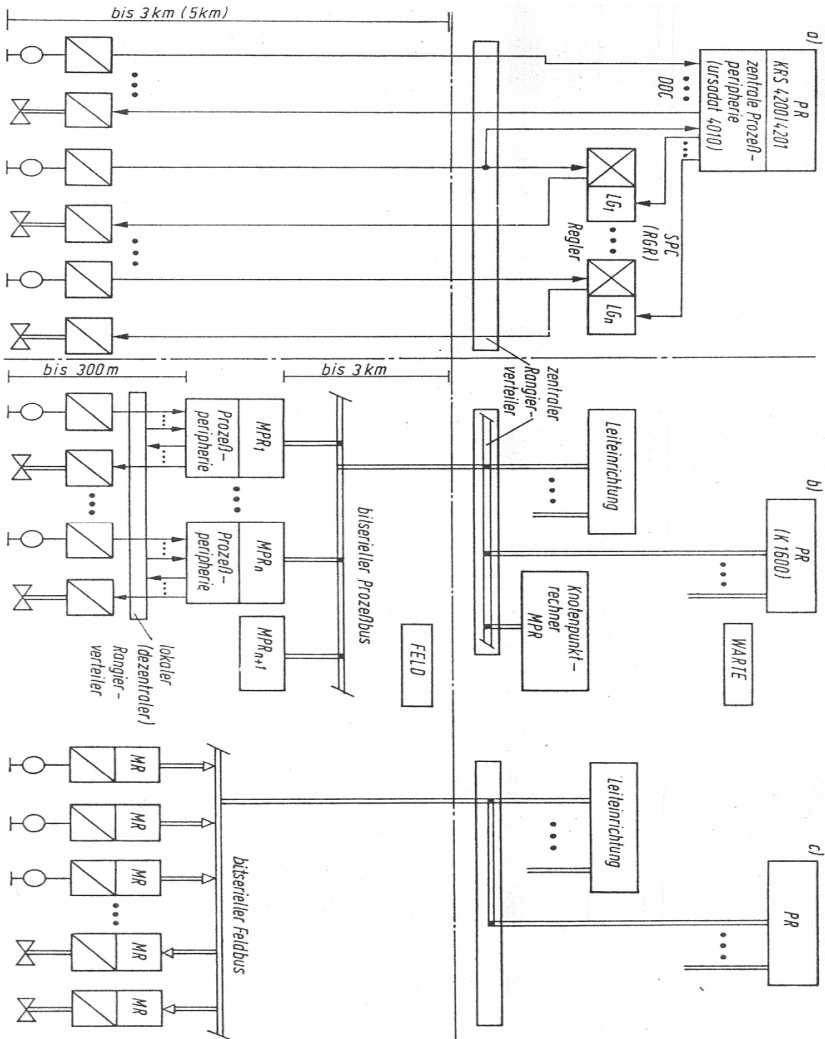


Abbildung 1: Generationswechsel bei Automatisierungsanlagen, Prognose von 1979; a) Parallelverdrahtung und zentraler Prozessrechner PR; b) Prozessbus und dezentrale Basissteuereinheiten mit Mikro-Prozessrechnern MPR (Fa. Honeywell 1975); c) Feldbus und Einchip-Mikrorechner MR in den Geräten: intelligente, direkt buskoppelbare Mess- und Stellgeräte sowie Leiteinrichtungen [5]

Dieser gravierende Generationswechsel bewirkte geradezu einen Schock unter den Fachleuten in ganz Europa und ab Frühjahrsmesse 1976 auch in der DDR. Er erforderte völlig neuartige Konzepte für die Automatisierung und einen entsprechenden Strukturwandel zur Informationsverarbeitung bis hinein in die Funktionseinheiten (Components & Instruments) und deren mikroelektronische Schaltkreise (Circuits, Chips). Auf diese Herausforderungen musste in geeigneter Weise reagiert werden, nicht zuletzt in der angewandten Vorlauforschung, der sich auch der Autor verschrieben hat.

Der Autor gehört zur dritten Hochschullehrergeneration, die nach dem 2. Weltkrieg das Fachgebiet Automatisierung (Control) in der DDR zu vertreten hatte [4]. Aufgabe dieser Generation war es in besonderem Maße, das aus der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik erwachsene Fachgebiet innovativ mit Elementen aus der Informatik (Computer) sowie Informationstechnik (Communication) für die spezifischen Belange der Industrie zu verbinden. Daher musste jetzt nach dem genannten Schock über eine Neuausrichtung der industriebezogenen Forschungen und Entwicklungen nachgedacht werden. Den geeigneten Rahmen hierfür bildete im Umfeld des Forschungsrates der DDR der Zentrale Arbeitskreis (ZAK) „Steuerungs- und Regelungstechnik“ beim Ministerium für Wissenschaft und Technik (MWT) unter dem Vorsitz von Prof. H. Töpfer (TH Magdeburg, TU Dresden) [34]. Diesem Gremium gehörten überwiegend die Direktoren für Forschung und Entwicklung der Automatisierungsbetriebe an, der Autor fungierte seit Gründung 1974 bis Anfang 1990 als Sekretär und setzte die Beratungstätigkeit auch im Forschungsrat der letzten DDR-Regierung (Lothar de Maizière) fort. Die Strategie wurde folgendermaßen ausgerichtet:

- Mittelfristig: Entwicklung von Lösungen gemäß Abb. 1b zur Aufholung des eingetretenen Rückstandes. Die Gesamtverantwortung lag beim Zentralen Anlagenbau Geräte- und Regler-Werke Teltow (L. Starke [34], P. Neumann [11]) in Kooperation mit dem Kombinat Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow als Gerätehersteller (H. Fuchs).
- Langfristig: Vorlaufarbeiten für eine übernächste Generation; hierauf wird nachfolgend im Abschnitt 4 genauer eingegangen.

Die Generation mit dezentralen Mikrorechnern nach Abb. 1b wurde im GRW Teltow ab 1978 als „Neue Anlagengeneration (NAG)“ mit einer Konzeption auf Basis der Robotron-Mikrorechner K 1510 (OEM-Baugruppen) sowie des Robotron K 1600 als übergeordneter Wartenrechner unter Leitung von Dr. P. Neumann vorbereitet [11]. Ab 1980 begann hierzu die Anlagenentwicklung (Entwicklungsleiter U. Schnell), und seit 1984 wurde das Prozessleitsystem unter dem Namen „audatec“ einschließlich der Hardwarekomponenten auf Basis der Robotron-Mikrorechner K 1520 sowie zugehöriger Softwarekomponenten und Werkzeuge für die rechnergestützte Projektierung produziert [34]. Die Basissteuereinheiten mit der Prozessperipherie wurden mit dem System

„ursadat 5000“ realisiert [4]. Bei einer derart großen Innovation mit dezentralen Mikro-Prozessrechnern (MPR) wurde damals der Software-Entwicklungsaufwand völlig unterschätzt gegenüber dem internationalen Preisverfall der Massenhardware [20]. Die Erstellungskosten der Anwendungs-Software in einem Automatisierungsprojekt machen heute über 50 % aller Kosten aus. Gerade die Senkung der Engineering-Kosten durch ein einheitliches Engineering-Werkzeug für Konfigurierung, Kommunikation, Steuerungsprogrammierung und Bedienung in Window-Technik sowie mit einheitlicher Datenbasis und anwendungsdefinierten Makrobibliotheken erfordert auch heute noch einen extremen Entwicklungsaufwand.

Die Einführung von Lokalen Netzen LAN stellte den nächsten Entwicklungsschritt bei industriellen Automatisierungssystemen dar, ab 1983 im System TDC 3000 der Fa. Honeywell erstmalig angeboten, wodurch der zentrale Prozessrechner (Wartenrechner) in ein lokales Rechnernetz aufgelöst wurde (Abbildung 2a). Dieser Schritt war zugleich auch zukunftsweisend für unsere Systemüberlegungen, vgl. Abbildung 2b und [16].

4 Dezentral eingebettete Intelligenz und direkt vernetzbare Mess- und Stelleinrichtungen verändern erneut die Systemstrukturen

Zur Orientierung langfristiger Vorlaufarbeiten für eine übernächste Generation hat der ZAK eine Studie beauftragt (damals Expertise, heute Roadmap genannt), die vom Autor erarbeitet und Anfang 1979 im ZAK vorgelegt wurde. In dieser Studie ist die schrittweise Weiterentwicklung der Strukturen von Abbildung 1b in Richtung Abbildung 1c begründet. Ausgegangen wurde von erstmals auf den Markt gelangten kompletten Mikrorechnern auf einem einzigen Chip (single-chip microcomputer, microcontroller), die eine weitere Dezentralisierung der Informationsverarbeitung ermöglichten. Dies erfolgt, indem solche Einchip-Mikrorechner unmittelbar in die Mess- und Stelleinrichtungen eingebaut und diese somit „intelligent“ gemacht werden (embedded systems), wobei gleichzeitig eine bitserielle Informationsübertragung durch einen dezentralen Feldbus erfolgt. In diesem Strukturentwurf spiegeln sich die industriellen Systemerfahrungen des Autors wider, die im Zusammenwirken mit Prof. K. Fuchs-Kittowski (HU Berlin) abstrahiert, zu neuen Denkansätzen verallgemeinert und für Automatisierungshierarchien vorausschauend formuliert wurden. Danach steht nicht die Steuerungshierarchie, sondern die Zielhierarchie im Vordergrund (differente Automatisierungsaufgaben auf bis zu fünf Ebenen). Diese wird schließlich durch Entwurfs-, Modell- und Steuerungshierarchien einschließlich zugehöriger Mehrebenen-Informationsübertragungen und Mensch-Maschine-Schnittstellen realisiert. Als Erweiterung einer solchen durchgängigen 5-Ebenen-Struktur tritt verstärkt hinzu: Hierarchie von Eigenfunktionen (Überwachung, Diagnose, Therapiesteuerung; heute: Asset-Ma-

nagement) sowie von Mehrebenen-Entwurfssystemen (Engineering-Tools für Entwicklung, Planung, Projektierung, Herstellung, Instandhaltung, Sanierung) [6], [23].

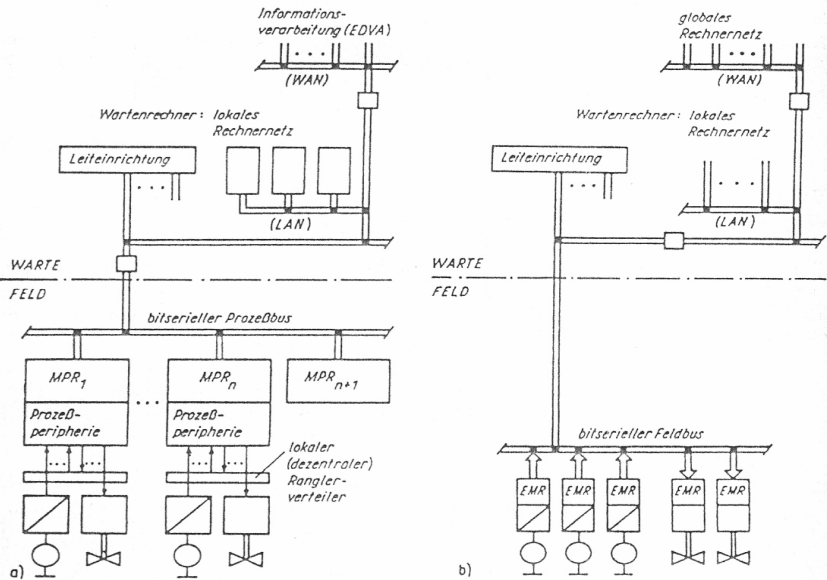


Abbildung 2: Lokale Rechnernetze LAN in Automatisierungsanlagen a) Industriestystem TDC 3000, Fa. Honeywell, seit 1983; b) Systemstruktur mit Feldbus und Einchip-Mikrorechnern EMR in den Geräten: intelligente, direkt buskopplbare Mess- und Stellgeräte sowie Leiteinrichtungen mit Kopplung an LAN und WAN [27]

Dieses gesamte Strukturkonzept wurde vom Autor zugleich bei der Arbeit in langfristig stabilen Forschungsteams zugrunde gelegt: zunächst an der TH Magdeburg in enger Zusammenarbeit mit Prof. H. Töpfer konzeptionell entwickelt und seit 1979 nach Berufung auf einen Lehrstuhl an der TH Leipzig dort konsequent ausgebaut. Von Grundsatz-Patentanmeldungen wurde aber bewusst abgesehen. Vielmehr haben wir uns zu frühen Veröffentlichungen in der DDR und im Westen entschieden [5], [7] bis [10], einerseits um Patenterteilungen an Dritte zu verhindern, andererseits weil eine schnelle Überwindung des permanenten Nachlaufes bei Mikroelektronik und Computern in der DDR nicht zu erwarten war und damit die Realisierungschancen ungewiss blieben.

Zu damaliger Zeit, als es in der DDR zunächst um die ohnehin schwierige Entwicklung der ersten Generation mit MPR und deren Abrundung ging, wirk-

te ein solches maximal dezentrales Konzept sehr radikal und zu phantastisch, daher auch für Viele als wenig wahrscheinlich sowie unrealistisch. Trotzdem hat der Autor dieses Gedankengut in aller Konsequenz mit seinem Forschungsteam, das er gerade dank dieses Konzeptes über die schwierige Zeit der Wiedervereinigung bis heute erhalten konnte, als spezielles Leitbild verfolgt. Zugleich hat der Autor in größerem Rahmen als Stellv. Sektionsdirektor für Forschung die Leitbilder nach Abbildung 1b und c stets vor Augen gehabt, um die Einzelforschungen der fünf Automatisierungs-Lehrstühle in der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig (Direktor: Prof. W. Richter) erfolgreich auf eine Gesamtzielstellung zu koordinieren und mit den Interessen der Industrie zu harmonisieren (GRW Teltow, GRW Leipzig u. a.) [12], [34]. Zur Industrieumsetzung war eigens seit 1981 der „Industrie-Hochschul-Komplex Anlagenautomatisierung“ (IHK) an der Sektion aufgebaut worden im Sinne eines heutigen An-Instituts, dem 1990 bereits etwa 45 feste Mitarbeiter angehörten, die von den drei Betrieben Geräte- und Regler-Werke Leipzig (GRW), Kombinat Elektroanlagenbau Leipzig und Kombinat Chemieanlagenbau Leipzig-Grimma (CLG) finanziert wurden (Leitung: Prof. W. Bennewitz) [12].

Die industrielle Einführung dieser völlig neuartigen Strukturprinzipien nach Abbildung 1c war nur schrittweise und sehr langfristig zu erwarten. Bestimmte Teillösungen wurden auf dem langen Weg seit 1979 von verschiedenen internationalen Herstellern realisiert, und diese belegen zugleich die technisch-wirtschaftliche Tragfähigkeit dieses extrem langfristig prognostizierten Gesamtkonzepts. Nachfolgende Beispiele zeigen hierzu entsprechende Zwischenschritte.

Seit etwa 1990 wurde deutlich, dass der Markt neben den großen Prozessleitsystemen auch solche der mittleren und unteren Leistungsklasse verlangt, um ein vernünftiges Preis/Leistungsverhältnis zu erwirken und damit größere Einsatzstückzahlen zu ermöglichen, wie sie für unsere neuartigen Konzepte besonders interessant und wichtig waren. Dies führte zur Klasse der „Kompaktleitsysteme“, basierend auf preisgünstigen Massenprodukten der PC-Technik und der Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen). Ein Pionier war der Automatisierungsmann Franz Piwinger, der mit seiner in der Pfalz beheimateten Firma „Intrometic“ ein solches innovatives Kompaktleitsystem bereits Anfang der 90er Jahre auf den Markt brachte. Als erfolgreicher Mittelständler, der in Ilmenau studiert hatte, scheiterte er jedoch mit einer derart großen Innovation an der Risikoangst der Anwender sowie dem völlig unterschätzten Software-Entwicklungsaufwand gegenüber dem ständigen Preisverfall der Massenhardware. Piwinger musste schließlich für sein Unternehmen Intrometic Konkurs anmelden; vorsichtshalber hatte er noch weitere Firmen gegründet.

Erst das viel stärkere Unternehmen Hartmann & Braun aus Frankfurt/M. schaffte Jahre später ab 1994 mit seinem System „Digimatik“ den Markt-

durchbruch in der Kompaktklasse (umbenannt: Freelance 2000) [27]. Diese beiden Beispiele machen zugleich die technisch-wirtschaftliche Komplexität und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Einführung kardinaler Innovationen deutlich.

Erst etwa 1997 startete dann Siemens mit seinem Kompaktleitsystem PCS 7, das auf den firmeneigenen Geräten Industrie-PC und Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen) des Typs Simatic S 7 basiert – bis heute ein absoluter Renner am Markt. Und erst in Verbindung mit diesem System haben sich auch typische Komponenten breiter etabliert, wie sie ursprünglich 1979 bereits von uns prognostiziert wurden (Abbildung 1c):

- Feldbusse als Mehrebenenkonzept von der LAN-Ebene bis hinunter auf die Ebene von Sensor-Aktuator-Bussen [16], [23], [24], [29],
- intelligente und direkt buskoppelbare Mess- und Stelleinrichtungen [4], [5], [7] bis [10], [13] bis [15], [17].

Während sich intelligente Messeinrichtungen mit digitaler Informationsvorverarbeitung international relativ schnell entwickelten, blieb deren direkte Buskopplung zunächst ein Problem, weil längere Zeit keine internationale Vereinheitlichung bei den Sensor-Aktuator-Bussystemen gelang (vgl. Abbildung 1c: bitserieller Feldbus).

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) startete daher im Jahre 1991 das Verbundprojekt „Aktuator-Sensor-Interface (ASI)“, um weltweit erstmals ein vereinheitlichtes bitserielles Bussystem zu schaffen, mit dem binäre Sensoren und Aktuatoren eine echtzeitfähige, zuverlässige und zukunftsweisende Low-cost-Anbindung an Automatisierungssysteme (SPSen) erfahren. Es handelte sich um einen innovativen Beitrag zur industriellen Kommunikation, der genau unseren Vorlaufforschungen in den 80er Jahren entsprach. Technisch handelt es sich um einen sehr bedeutenden Zwischenschritt beim Strukturwechsel von Abbildung 1b in Richtung Abbildung 1c. Dabei wird die gesamte Prozessperipherie zusammen mit der aufwendigen Parallelverdrahtung und dem dezentralen Rangierverteiler nach Abbildung 1b ersetzt durch eine einzige Masterbaugruppe mit einer Zweidraht-Leitung für den bitseriellen Feldbus zur gleichzeitigen Übertragung der digitalen Signale und der Hilfs-Energie sowie durch Slaves zum Anschluss der Sensoren/Aktuatoren auf der untersten Kommunikationsebene (Abbildung 1c und Abbildung 3). Entscheidend für den späteren Erfolg von ASI war, dass sich hier 11 namhafte Hersteller von Sensoren und Aktuatoren (u. a. Siemens, Festo, ifm, Pepperl+Fuchs, Sick, Turck), die ca. 80 % des deutschen und 40 % des internationalen Sensormarktes beherrschen und dabei gegeneinander im Wettbewerb stehen, zu einer gemeinsamen Entwicklungsanstrengung durchgegangen haben. Der Lehrstuhl des Autors wurde auf Grund seiner wissenschaftlichen Vorlauffarbeiten in der DDR (Publikationen in Ost und West sowie Europapatente) zur Mitarbeit im Projekt gebeten. Gemäß unserer Vorstellung

von einem industriellen Mehrebenen-Feldbusnetz, bei dem der zu schaffende unterste Sensor-Aktuator-Feldbus von vorn herein in übergeordnete Feldbus-ebenen eingebunden sein sollte [18], [24], haben wir auf die Mitarbeit unseres Kooperationspartners Forschungszentrums Informatik (FZI) an der Universität Karlsruhe gedrängt – die dortigen PROFIBUS-Spezialisten des Forschungsbereiches von Prof. K. Bender wurden schließlich mit uns zusammen auch in das ASI-Projekt eingebunden.

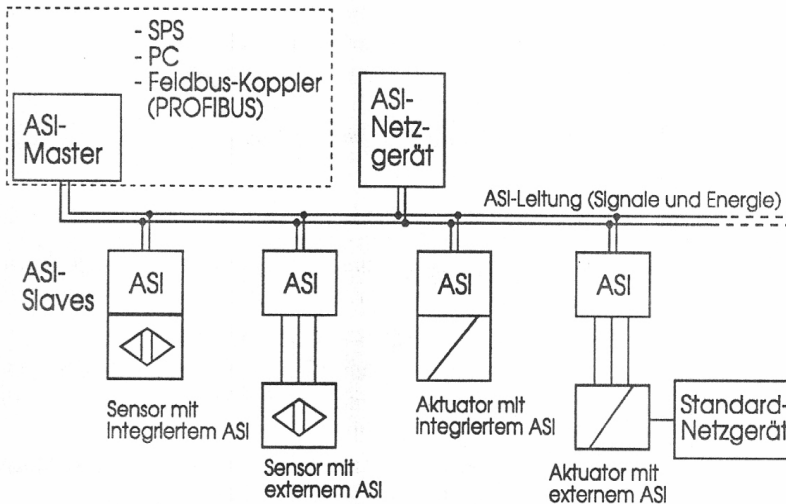


Abbildung 3: Grundaufbau des ASI-Systems: Master-Slave-Struktur mit Zweidraht-Leitung für bitserielle Signale und Hilfs-Energie, Stand 1991
SPS: Speicherprogrammierbare Steuerung; PC: Industrie-PC;
Feldbus-Koppler: Schnittstelle zum übergeordneten Bussystem (bevorzugt zum PROFIBUS) [25]

Von besonderem Vorteil für das ASI-Projekt waren unsere kontinuierlichen DDR-Vorarbeiten seit 1979: langfristiger konzeptioneller Vorlauf, spezielle Zuverlässigkeitsuntersuchungen [21] sowie unsere experimentellen Arbeiten mit Funktionsmustern (Binäre Zubringer BIZU). Diese konnten wir bereits am Projektanfang zur Erlangung erster Einsatzerfahrungen zusammen mit dem Lehrstuhl von Prof. T. Pfeifer im Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen einsetzen. Nach Projektabschluss 1994 sind auch eine Europa-Norm (EN 50 295) und eine IEC-Weltnorm (6026) entstanden. Bis heute wurden über 1.200 ASI-Produktfamilien entwickelt und im Steinbeis-Transferzentrum in Leipzig unter Verantwortung des Autors einer Zertifizierungsprüfung unterzogen (Prüflaborleitung: Dipl.-Ing. D. Telschow). Als langjähriger Erfahrungsträger sind wir aber auch weiterhin mit unserem Forschungsteam an speziellen

Querschnittsentwicklungen sowie Vorlaufarbeiten im Rahmen des Forschungs- und Transferzentrums an der HTWK Leipzig beteiligt (Direktor: Dipl.-Ing. D. Lippik). Die heutige Kooperation mit Prof. Beikirch (Universität Rostock, Fakultät Informatik und Elektrotechnik; akademischer Schüler von Prof. M. Seifart, TH Magdeburg) ist gleichfalls eine Fortführung unserer wissenschaftlichen Zusammenarbeit bei Sensor-Aktuator-Bussen aus den 80er Jahren. Ausgeweitet wurde diese Kooperation inzwischen auf die Universität Stuttgart, Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Nachrichtenübertragung, Prof. Speidel.

Das Mikroelektronik-Unternehmen ZMD AG in Dresden, hervorgegangen aus dem gleichnamigen DDR-Betrieb, zeichnet für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb der aktuellen ASI-System-Chips verantwortlich. Insgesamt sind bisher über 15 Millionen Chips produziert worden, und eine gleichgroße Anzahl von ASI-Knoten wurde weltweit eingesetzt. Somit sind unsere 1979 gestarteten DDR-Vorlaufarbeiten speziell auch in das System mit der heutigen Bezeichnung „AS-Interface“ (AS-i) eingeflossen, das sich inzwischen als Weltmarktführer etabliert hat und zu dessen Nutzerorganisation „AS-International Association“ über 280 Unternehmen in 13 Ländern gehören [35]. Auch haben sich unsere frühen Vorstellungen nach Abbildung 2 und Abbildung 3 mit der späteren Einbindung des AS-Interface in ein industrielles Mehrebenen-Netz tatsächlich voll realisiert, und AS-Interface wird heute als Bestandteil von Mehrebenen-Kommunikationsstrukturen in Anlagen eingesetzt [16], [18], [23], [24], [29]:

- WAN Wide Area Network
- LAN Local Area Network: Industrial Ethernet PROFINET; zugleich Brücke zur Informatik
- FAN Field Area Network:
 - Systemebene: PROFIBUS-DP und -PA
 - Sensor-Aktuator-Ebene: **AS-Interface** und HART.

Eine der umfangreichsten Anlagen mit 50 AS-Interface-Netzen als Teil einer 3-Ebenen-Struktur wurde in Hamburg für die Steuerung der weltweit größten Schmierstoff-Mischanlage der Firma Deutsche Shell AG realisiert, wobei die nachgewiesenen Einsparungen gegenüber konventioneller Parallelverdrahtung bei etwa 50 % lagen [22, 2. Aufl.].

5 Ausbildung und Forschung: Herausbildung eines eigenständigen Fachgebietes „Industrielle Kommunikation“

Der Autor hat das Gebiet „Interface“ seit 1971 auch gezielt für die akademische Lehre in der Automatisierungstechnik sowie für die Weiterbildung aufbereitet und systematisiert. Ausgangspunkt bildete das Standard-Interface SI 2.2,

das die digitale Informationsübertragung zwischen dem zentralen Prozessrechner (Robotron: KRS 4200) und den zugehörigen Funktionsblöcken der Prozessperipherie (EAW: ursadat 4010) realisierte, vgl. Abb. 1a. Hierzu wurden auch Fachbuchbeiträge entwickelt [4], die in der DDR in 5 Auflagen erschienen sind. Außerdem konnte der Autor als Stellv. Bezirksvorsitzender und Präsidiumsmitglied in der Kammer der Technik deren Weiterbildungsplattformen hierfür nutzen (u. a. Leipziger Automatisierungstechnische Kolloquien LAK). Mitte der 80er Jahre gelangten wir darüber hinaus auch zu der Erkenntnis, dass die „industrielle Kommunikation“ zu einem Feldbusnetz mit Mehrebenenstruktur weiterentwickelt werden sollte und somit als eigenständiger Teil von Automatisierungssystemen anzusehen ist [18], [24], wobei das LAN als Brücke zur Informatik gezielt integriert wurde [16].

Nach der Wiedervereinigung wurden die bisherigen Fachbücher in Gestalt der speziellen ASI-Handbücher auch in Englisch fortgeführt [25], [26]. In der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Düsseldorf/Frankfurt a. M. hatte der Autor den Vorsitz des Fachausschusses „Kommunikationstechnik in verteilten Automatisierungssystemen“ übernommen, aus dessen Arbeit eine entsprechende VDI/VDE-Richtlinie hervorgegangen ist, die zum Bestseller in der Industrie wurde [30]. Schließlich entstanden weitere Lehr- und Fachbücher in mehreren Auflagen [29], [33], so dass der Autor ab Mitte der 90er Jahre die „Industrielle Kommunikation“ als eigenständiges Lehrfach in der akademischen Ausbildung von Automatisierungstechnikern mit Vorlesungen und Praktika bei großem Zuspruch angeboten hat. Großes Interesse fanden entsprechende Seminare für die Industrie, die der Autor im Haus der Technik in Essen und München über 10 Jahre lang regelmäßig abgehalten hat.

Durch langjährige Mitarbeit im Vorstand sowie als Fachbereichsleiter und Stellv. Bundesvorsitzender der GMA [32] konnte sich der Autor zugleich für eine bundesweite Einführung dieses Lehrfaches an den Universitäten und Hochschulen einsetzen, die sich inzwischen durchgängig vollzogen hat. Nicht zuletzt sind aus den zu DDR-Zeiten am Lehrstuhl des Autors für „Automatisierungsanlagentechnik“ tätigen zehn Wissenschaftlichen Mitarbeitern plus Aspiranten und Doktoranden nach der Wiedervereinigung fünf Professoren hervorgegangen, die auch besonders zur Weiterverbreitung dieses Fachgebietes beitragen: Prof. K. Steinbock (HTWK Leipzig, Gründungsrektor); Prof. K. Kabitzsch (TU Dresden); Prof. K. Fiedler (Universität Lüneburg); Prof. T. Heimbold (HTWK Leipzig); Prof. P. Helm (HS Merseburg).

Zusammenfassend sind typische Phasen in der Herausbildung des neuen Fachgebietes „Industrielle Kommunikation“ zu erkennen:

- Phase 1: Entwicklung spezieller Industriebusse; Einzelanwendungen
- Phase 2: Massen- und Breitenanwendungen; theoretische Grundlagen

- Phase 3: Fachgesellschaften wie GMA-FA „Kommunikationstechnik in vert. Automatisierungssystemen“; Seminare, Tagungen, Kongresse; Literatur: VDI/VDE-Richtlinien, Zeitschriften, Bücher, Prospekte
- Phase 4: Internationale Standards: EU-Normen, ISO/IEC-Weltnormen
- Phase 5: Eigenständiges Lehr- und Forschungsgebiet mit Vorlesungen und Praktika; Professuren an Universitäten und Hochschulen [29].

Seit etwa fünf Jahren gelangen nun zunehmend auch die gleichfalls 1979 postulierten intelligenten und direkt buskoppelbaren Sensoren/Aktuatoren bzw. Mess- und Stelleinrichtungen auf den Markt (Abb. 1c). Zur Förderung dieses Trends wurden sogar universelle Feldbuskopplungen entwickelt, so dass eine Kopplung mit unterschiedlichen Bussen möglich wurde [28]. Somit stellen sich heute die Automatisierungsstrukturen schrittweise so ein, wie diese von uns in den 80er Jahren mit Forschungen vorbereitet wurden. Sehr bemerkenswert ist dabei auch, dass zwischen dem Entstehen dieser grundlegenden Ideen und ihrer industriellen Nutzung etwa 15 bis 25 Jahre liegen können. Diese Erfahrung steht im krassen Widerspruch zu der vielfach geäußerten Ansicht, dass die Innovationszyklen bei wenigen Jahren liegen und sich noch ständig verkürzen würden. Offenbar betrifft dies die Klasse evolutionärer Entwicklungen, nicht jedoch den vorliegenden revolutionären Strukturwandel bei größeren Industrieanlagen.

6 Integration der fünf Großen „C“ als Vorstufe einer Allgemeinen Informationswissenschaft (General Information Science) ?

Mitte der 80er Jahre bildete sich in Leipzig eine interdisziplinäre Diskussionsgruppe der Universität und der Technischen Hochschule zum Thema „Allgemeine Informationswissenschaft“, zu der Informatiker, Mathematiker, Physiker, Automatiker sowie Philosophen gehörten. Bei fortgeschrittenem Diskussionsstand wurde ein interdisziplinäres Buchprojekt verfolgt, das von Prof. R. Rochhausen (Uni) und dem Autor (TH) wissenschaftsorganisatorisch betreut wurde. Inhaltlich ging es um folgende futuristische Überlegungen:

Informationsprozesse haben sich verstärkt seit den 50er Jahren zu einer gleichberechtigten Säule neben den traditionellen Prozessen der Stoff- und Energiewandlung entwickelt und ergänzen diese zu einer „organischen Einheit“: Stoff, Energie und Information bilden also die drei Grundkomponenten der Realwelt. Zusätzlich zu traditionellen Technologien für Stoff/Energie-Wandlung haben sich informationsbezogene Technologien entwickelt (Abbildung 4). Diese sind gekennzeichnet durch fünf Große „C“:

- Computer (Informatik, EDV ...)
- Control (Kybernetik, Automation ...)
- Communication (Nachrichtentechnik, Vernetzung WAN, LAN, FAN)

- Components & Instruments (Fein-Gerätetechnik ...)
- Circuits, Chips (Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik ...) [27].

Damit ist zugleich die allgemeine Frage nach den unmittelbaren Grundlagenwissenschaften für Informationsprozesse sowie deren Anwendung für informationelle Technologien verbunden. Die heutigen Grundlagenwissenschaften weisen aus dieser Sicht in ihren Gegenständen deutliche Defekte auf: Physik/Chemie: Stoffwandlungen, Energiewandlungen, Strukturbeschreibungen der Materie; dagegen Biologie: komplexe Gegenstände mit Einheit aus Stoff-, Energie- und Informationswandlungen. Der Defekt besteht demnach in einer fehlenden Grundlagenwissenschaft für alle Informationsphänomene der Realwelt, als Ergänzung zu den Gegenständen von Physik und Chemie, zur Nutzung in allen Wissenschaften, in Industrie und Gesellschaft.

Information kann bekanntlich beliebig oft geteilt (vervielfältigt) werden, ohne dass hierbei die Gesamtinformation aufgeteilt wird; dies ist bei Stoffen (Massen) und Energien niemals möglich. Für eine „Allgemeine Informationswissenschaft“ (General Information Science) spielen die Erhaltungssätze der Physik – wegen des extrem niedrigen Niveaus der Stoff- und Energieaustauschprozesse – für informationelle Prozessbeschreibungen keine dominierende Rolle. Folglich muss sich die wissenschaftliche Behandlung der Informationsprozesse auf andere spezifische Gesetzmäßigkeiten abstützen, die sich als wirkungsvoller für deren Modellierung erweisen [31]. Eine solche „Allgemeine Informationswissenschaft“ ist keineswegs mit Informatik gleichzusetzen, wie aus den 5 Großen „C“ unmittelbar zu erkennen ist.

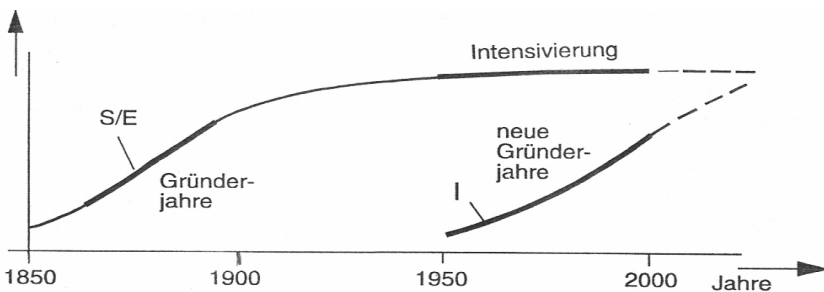


Abbildung 4: Entwicklung von Unternehmensgründungen für Stoff/Energie-Wandlung (S/E) und Informations-Wandlung (I)

Nach der Wiedervereinigung wurde diese Leipziger Diskussion nicht weiterverfolgt, das interdisziplinäre Buchprojekt ist somit abgebrochen. – Die Inhaltsdiskussion sollte aber an geeigneter Stelle wieder aufgegriffen werden!

7 Einige Ausblicke in die Zukunft

Die Zukunft der informationellen Technologien profitiert zweifelsfrei von den auch weiterhin anhaltenden Fortschritten der Mikro- und Optoelektronik. Aus Anwendersicht jedoch sind *Massenanwendungen* und *Breitenanwendungen* in absehbarer Zeit verstärkt zu erwarten. Die Massenanwendung drückt sich primär durch das Eindringen derartiger Komponenten in Massenprodukte aus, z. B. in Heimelektronik, Gebäudevernetzung [33] einschließlich PC-Technik bis hin zu vernetzten Heizungs- und Waschautomaten, sowie vernetzter Bordelektronik von Autos, Banking- und Verkaufsautomaten usw. Die Breitenanwendung bedeutet insbesondere ein Vordringen in bislang weniger erschlossene Anwendungen in nichtindustriellen Bereichen wie Service- und Homebereiche, Seniorenbetreuungen, Medizinbereiche u. a. Zukünftig werden also alle Branchen hiervon potenziell profitieren.

Angesichts dieser zu erwartenden Massen- und Breitenanwendungen stellen sich viele Fragen, insbesondere auch im sozialen Bereich und zum Verhältnis Technik/Mensch: Beherrscht der Mensch diese intelligente Technik noch oder kehren sich die Verhältnisse schließlich um? Rationalisieren wir durch diesen Massen- und Breitereinsatz progressiv steigend unsere Arbeitsplätze weg?

Fazit: Die Umsetzung von diversen Chips, Computern und Speicherchips in neuartige Anwendungslösungen erfordert neben dieser Hardwarebasis jedoch noch sehr viel mehr (z. B. spezifische Anwendungsforschungen, umfangreiche Anwendungssoftware). Dies eröffnete selbst in der DDR bei mittlerem Niveau von Mikroelektronik und Computertechnik ein generell sehr weites Feld für wissenschaftlich-technisch-organisatorische Innovationen und einen großen Handlungsspielraum für alle Beteiligten, zumal in einem internationalen Umfeld mit extrem starkem Wachstum, vgl. Abbildung 4. Dies erklärt zugleich, dass es – trotz dieses permanenten Nachlaufs der Chip- und Computertechnologie von etwa fünf Jahren und der Mangelsituation in vielen Bereichen der DDR – keine totale Resignation, sondern partiell durchaus Ideenreichtum, Schöpferkraft und Solidität bei den theoretischen und praktischen Ergebnissen sowie in der Ausbildung gegeben hat. Als ein Beweis hierfür ist besonders zu werten: die erfolgreiche Fortführung von „Leuchtturmaktivitäten“ (also von relativ seltenen und keineswegs flächendeckenden Vorlauf- und Pionierleistungen) im Wissenschaftsbereich sowie in Forschung und Entwicklung aus der DDR-Zeit auch nach der Wiedervereinigung. (Ein Umkehrschluss aber wäre völlig abwegig, denn keine Fortführung lässt gar keinen Rückschluss auf das Niveau einer DDR-Leistung zu). Erfolgreiche Fortführungen profitierten in erster Linie von den neuen Chancen im Hightech-Bereich, womit der permanente DDR-Nachlauf schlagartig überwunden wurde. Der Weltmarktzugriff durch die D-Mark sowie der Zugang zur Marktwirtschaft mit Flexibilität und Gründungschancen eröffneten weitere Felder. Hierzu formu-

lierte W. Stoll als Geschäftsführender Gesellschafter des bekannten Automatisierungsunternehmens FESTO sehr treffend: „Das kapitalistische System garantiert nicht den Erfolg, es garantiert nur die Chancen“ [19]. Und wer den Augenblick ergreift, das ist der rechte Mann (J. W. v. Goethe). Bei obiger Feststellung zur Fortführung geht es hier also nicht um den Fortbestand von Institutionen, sondern um die erfolgte Fortführung von Ideen und Erfahrungen im Bereich informationeller Technologien und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen. – Wie viele andere auch, so hat sich der Autor also seine Unabhängigkeit im Denken und das entsprechende Handeln zu keiner Zeit nehmen lassen [2], [3], [6].

Informatik und Automation markieren demnach historische „Evolutionstufen“, die wir nicht verteufeln, sondern deren Chancen wir nutzen sollen. Ihre sozialen Herausforderungen, insbesondere hinsichtlich der Arbeitsplätze, sind direkt an die unterschiedlichen „Politiken“ adressiert: sowohl an die Unternehmenspolitik und die Politik der Arbeitnehmervertretungen als auch an die Politik im öffentlichen und staatlichen Bereich oder auch an die ganz private Entscheidungspolitik über eine zukunftssichere Berufsgestaltung.

Die Entwicklung der Informatik und Automation in der DDR ist einmal mehr der Beweis, dass sich die schöpferische und innovative Tätigkeit der hierbei Beteiligten über alle politischen und wirtschaftlichen Systeme und Umbrüche hinweg jederzeit als stabiler und zukunftssichernder Faktor erweist. Die Anwendung von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu Informationsprozessen ist hierbei sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich möglich – eine Herausforderung auch an das Berufsethos der beteiligten Wissenschaftler, Informatiker, Ingenieure und Politiker sowie an deren Verantwortung für unsere Nachwelt.

8 Literatur und Internetquellen

- [1] INSTITUT FÜR REGELUNGSTECHNIK BERLIN (Hrsg.) (1969): ursamat-Handbuch. *Berlin: Verlag Technik.*
- [2] KRIESEL, W. & GUDERMUTH, P. (1971): Entwicklung in Leitungssystemen auf der Basis von kybernetischen Lernstrukturen. *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-nat. Reihe 20, S. 237-245.*
- [3] Gudermuth, P. & Kriesel, W. (1972, '73, '76): Kybernetik und Weltanschauung. Probleme, Streitfragen und Ergebnisse der modernen Kybernetik. *Schwerte/Ruhr: Verlag Hubert Freistühler; Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag; Praha: Verlag Horizont.*

- [4] Töpfer, H. & Kriesel, W. (Hrsg.) (1977, '78, '80, '83, '88): Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik – elektrisch, pneumatisch, hydraulisch. *Berlin: Verlag Technik; Düsseldorf: VDI-Verlag.*
- [5] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1981): Zur funktionellen und strukturellen Weiterentwicklung der Automatisierungsanlagentechnik. *Messen, steuern, regeln 24, S. 183-188.*
- [6] KRIESEL, W. (1982): Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie-Praxis in der Automatisierungstechnik. *Messen, steuern, regeln 25, S. 182-184.*
- [7] Töpfer, H. & Kriesel, W. (1982): Automatisierungstechnik – Gegenwart und Zukunft. *Berlin: Verlag Technik.*
- [8] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1982): Zum Generationswechsel bei Automatisierungssystemen. *Regelungstechnische Praxis 24, S. 336-341.*
- [9] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1982): About the Generation Change in Automation Systems. *Process automation 2, S. 60-65.*
- [10] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1983): Einsatz intelligenter Meß- und Stellanrichtungen in der Automatisierungstechnik. In: *Syrbe, M. & Thoma, M. (Hrsg.), Fortschritte durch digitale Meß- und Automatisierungstechnik (INTERKAMA-Kongreß Düsseldorf 1983), Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, S. 420-428.*
- [11] Neumann, P. (1983): Mikrorechner in Automatisierungsanlagen. *Berlin: Verlag Technik.*
- [12] WERNER, D. & HERRMANN, D. (1983): msr stellt vor: Technische Hochschule Leipzig – Sektion Automatisierungsanlagen. *Messen, steuern, regeln 26, S. 527-531.*
- [13] KRIESEL, W. & EULITZER, B. (1984): Intelligent Instruments for a Future Generation of Automation Systems. *Preprints Vol. II of the 9th World Congress of the International Federation of Automatic Control IFAC, Budapest, S. 307-312.*
- [14] KRIESEL, W.; VÖGLER, G. & GIBAS, P. (1985): Intelligent Sensors as Components of Future Automation Systems. *Preprints Vol.12 of the 10th IMEKO World Congress, Prague, S. 96-103.*
- [15] KRIESEL, W.; BLUM, H. & TELSCHOW, D. (1985): Intelligente und buskoppelbare Stellanrichtungen. *Messen, steuern, regeln 28, S. 534-537.*
- [16] KRIESEL, W. (1986): Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß lokaler Netze (LAN). *Messen, steuern, regeln 29, S. 10-14.*

- [17] KRIESEL, W. (1986): Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß intelligenter Funktionseinheiten. *Messen, steuern, regeln* 29, S. 50-53.
- [18] KRIESEL, W.; RICHTER, W. & GIBAS, P. (1987): Feldbusnetz für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten. *Messen, steuern, regeln* 30, S. 486-489.
- [19] Grosse, W. (Hrsg.) (1987): Der Weg zum Ganzen. Ein Essay zum 50. Geburtstag von Dr. Wilfried Stoll. *Esslingen: FESTO Didactic*.
- [20] BALZER, D.; KRIESEL, W. & MÜLLER, F. (1988): Softwaretechnologie, Zuverlässigkeit und Sicherheit. *Messen, steuern, regeln* 31, S. 486-491.
- [21] KRIESEL, W.; ROHBECK, V. & STEINBOCK, K. (1990): Zuverlässigkeit bitserieller Feldbussysteme in Automatisierungsanlagen. *Messen, steuern, regeln* 33, S. 153-156.
- [22] TÖPFER, H.; KRIESEL, W. & GÜNTHER, M. (1990): Gerätesysteme der Automatisierungstechnik und Prozeßrechnersysteme. In: *Philippow, E. (Hrsg.), Taschenbuch Elektrotechnik in 6 Bänden, Bd. 4. Berlin: Verlag Technik*.
- [23] KRIESEL, W. & GIBAS, P. (1990): Generationswechsel bei Automatisierungssystemen: Orientierung zur künftigen Entwicklung. *Automatisierungstechnische Praxis* 32, S. 17-22.
- [24] KRIESEL, W.; GIBAS, P.; RIEDEL, M. & BLANKE, W. (1990): Feldbus als Mehrebenenkonzept. *Messen, steuern, regeln* 33, S. 150-153.
- [25] Kriesel, W. & Madelung, O. W. (Hrsg.) (1995, 1999): ASI – Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation. *München, Wien: Carl Hanser*.
- [26] Kriesel, W. R. & Madelung, O. W. (Hrsg.) (1995, 1999): ASI – The Actuator-Sensor-Interface for Automation. *München, Wien: Carl Hanser*.
- [27] Kriesel, W.; Rohr, H. & Koch, A. (1995): Geschichte und Zukunft der Mess- und Automatisierungstechnik. *Düsseldorf: VDI-Verlag*.
- [28] KRIESEL, W.; LIPPIK, D. & HEIMBOLD, T. (1997): Universelle Feldbuskopplung für Sensoren und Aktoren. *Automatisierungstechnische Praxis* 39, S. 43-50.
- [29] KRIESEL, W.; HEIMBOLD, T. & TELSCHOW, D. (1998, 2000): Bustechnologien für die Automation – Vernetzung, Auswahl und Anwendung von Kommunikationssystemen (mit CD-ROM). *Heidelberg: Hüthig Verlag*.
- [30] VDI/VDE-RICHTLINIE 3687. (1999): Auswahl von Feldbussystemen durch Bewertung ihrer Leistungseigenschaften für industrielle Anwendungsbereiche. *Berlin: Beuth-Verlag*.

- [31] VÖLZ, H. (2001): Wissen – Erkennen – Information: Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. *Aachen: Shaker.*
- [32] LAUBER, R. J. (2006): Die Geschichte der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik GMA (50 Jahre IFAC). *Automatisierungstechnische Praxis 48, S. 82-89.*
- [33] KRIESEL, W.; SOKOLLIK, F. & HELM, P. (2009): KNX/EIB für die Gebäudesystemtechnik in Wohn- und Zweckbau. *5. Auflage. Heidelberg: Hüthig Verlag.*
- [34] STARKE, L. (2009): Vom Hydraulischen Regler zum Prozessleitsystem. Die Erfolgsgeschichte der Askania-Werke Berlin und der Geräte- und Regler-Werke Teltow. 140 Jahre Industriegeschichte, Tradition und Zukunft. *Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.*
- [35] AS-INTERNATIONAL ASSOCIATION: <http://www.as-interface.net>.

Die zitierte Internetquelle wurde zuletzt am 11.08.2010 aufgerufen.